



06.11.2004

EP04 / 7421

REC'D 23 NOV 2004

WIPO

PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

103 30 761.3

Anmeldetag:

07. Juli 2003

Anmelder/Inhaber:

Covion Organic Semiconductors GmbH,
65929 Frankfurt/DE

Bezeichnung:

Mischungen von organischen zur Emission
befähigten Halbleitern und Matrixmaterialien,
deren Verwendung und Elektronikbauteile
enthaltend dieses

IPC:

C 08 L, C 09 K, H 01 L

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 27. Oktober 2004
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident
Im Auftrag

Schäfer

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

A 9161
06/00
EDV-L

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

5 Mischungen von organischen zur Emission befähigten Halbleitern und Matrixmaterialien, deren Verwendung und Elektronikbauteile enthaltend dieses

10 Die vorliegende Erfindung beschreibt die Verwendung neuer Materialien und Materialmischungen in organischen elektronischen Bauteilen wie Elektrolumineszenzelementen und deren Verwendung in darauf basierenden Displays.

In einer Reihe von verschiedenartigen Anwendungen, die im weitesten Sinne der Elektronikindustrie zugerechnet werden können, ist der Einsatz organischer Halbleiter als Wirkkomponenten (= Funktionsmaterialien) seit geraumer Zeit Realität bzw. wird in naher Zukunft erwartet.

So finden schon seit etlichen Jahren lichtensitive organische Materialien (z.B.

Phthalocyanine) sowie organische Ladungstransportmaterialien (i. d. R.

Lochtransporter auf Triarylaminbasis) Verwendung in Kopiergeräten.

20 Der Einsatz spezieller halbleitender organischer Verbindungen, die zum Teil auch zur Emission von Licht im sichtbaren Spektralbereich befähigt sind, steht gerade am Anfang der Markteinführung, zum Beispiel in organischen Elektrolumineszenzvorrichtungen. Deren Einzelbauteile, die Organischen-Lichtemittierenden-Dioden (OLEDs), besitzen ein sehr breites Anwendungsspektrum als:

25 1. weiße oder farbige Hinterleuchtungen für monochrome oder mehrfarbige Anzeigeelemente (wie z.B. im Taschenrechner, Mobiltelefone und andere tragbare Anwendungen),

2. großflächige Anzeigen (wie z.B. Verkehrsschilder, Plakate und andere Anwendungen),

30 3. Beleuchtungselemente in allen Farben und Formen,

4. monochrome oder vollfarbige Passiv-Matrix-Displays für tragbare Anwendungen (wie z.B. Mobiltelefone, PDAs, Camcorder und andere Anwendungen),

5. vollfarbige großflächigen hochauflösenden Aktiv-Matrix-Displays für verschiedenste Anwendungen (wie z.B. Mobiltelefone, PDAs, Laptops, Fernseher und andere Anwendungen).

35 Bei diesen Anwendungen ist die Entwicklung teilweise bereits sehr weit fortgeschritten, dennoch besteht immer noch großer Bedarf an technischen Verbesserungen.

Für einfache OLEDs enthaltende Vorrichtungen ist die Markteinführung bereits erfolgt, wie die im Markt erhältlichen Auto-Radios der Firma Pioneer oder eine Digitalkamera der Firma Kodak mit "Organischem Display" belegen. Allerdings gibt es immer noch erhebliche Probleme, die einer dringenden Verbesserung bedürfen:

1. So ist v. a. die OPERATIVE LEBENSDAUER von OLEDs immer noch gering, so daß bis dato nur einfache Anwendungen kommerziell realisiert werden können.

2. Die Effizienzen von OLEDs sind zwar akzeptabel, aber auch hier sind natürlich – gerade für tragbare Anwendungen ("portable applications") – immer noch Verbesserungen erwünscht.

3. Die Farbkoordinaten von OLEDs, speziell im Roten, sind nicht gut genug.

10 Besonders die Kombination von guten Farbkoordinaten mit hoher Effizienz muß noch verbessert werden.

4. Die Alterungsprozesse gehen i. d. R. mit einem Anstieg der Spannung einher.

Dieser Effekt macht spannungsgetriebene organische Elektrolumineszenzvorrichtungen, z.B. Displays oder Anzeige-Elemente, schwierig bzw. unmöglich.

15 Eine stromgetriebene Ansteuerung ist aber gerade in diesem Fall aufwendiger und teurer.

5. Die benötigte Betriebsspannung ist gerade bei effizienten phosphoreszierenden OLEDs recht hoch und muß daher verringert werden, um die Leistungseffizienz zu verbessern. Das ist gerade für tragbare Anwendungen von großer Bedeutung.

20 6. Der benötigte Betriebsstrom ist ebenfalls in den letzten Jahren verringert worden, muß aber noch weiter verringert werden, um die Leistungseffizienz zu verbessern. Das ist gerade für tragbare Anwendungen besonders wichtig.

25 Die oben unter 1. bis 6. genannten Gründe, machen Verbesserungen bei der Herstellung von OLEDs notwendig.

Eine Entwicklung hierzu, die sich in den letzten Jahren abzeichnet, ist der Einsatz von metallorganischen Komplexen, die Phosphoreszenz statt Fluoreszenz zeigen [M. A. Baldo, S. Lamansky, P. E. Burrows, M. E. Thompson, S. R. Forrest, Applied Physics Letters, 1999, 75, 4-6].

30 Aus quantenmechanischen Gründen ist unter Verwendung metallorganischer Verbindungen eine bis zu vierfache Quanten-, Energie- und Leistungseffizienz möglich. Ob sich diese neue Entwicklung durchsetzen wird, hängt zum einen stark davon ab, ob entsprechende Device-Kompositionen gefunden werden können, die diese Vorteile (Triplet-Emission = Phosphoreszenz gegenüber Singulett-Emission = Fluoreszenz) auch in den OLEDs umsetzen können. Als wesentliche Bedingungen für praktische Anwendung sind hier insbesondere eine hohe operative Lebensdauer,

eine hohe Stabilität gegenüber Temperaturbelastung und einer hohen Betriebsspannung, um mobile Applikationen zu ermöglichen, zu realisieren.

Der allgemeine Aufbau von organischen Elektrolumineszenzvorrichtungen ist beispielsweise in US 4,539,507 und US 5,151,629 sowie EP 01202358 beschrieben. Üblicherweise besteht eine organische Elektrolumineszenzvorrichtung aus mehreren Schichten, die mittels Vakuummethoden oder unterschiedlicher Druckmethoden aufeinander aufgebracht werden. Diese Schichten sind im einzelnen:

1. Eine Trägerplatte = Substrat (üblicherweise Glas oder Kunststofffolien).
2. Eine transparente Anode (üblicherweise Indium-Zinn-Oxid, ITO).
3. Eine Lochinjektions-Schicht (Hole Injection Layer = HIL): z. B. auf der Basis von Kupfer-phthalocyanin (CuPc), leitfähigen Polymeren, wie Polyanilin (PANI) oder Polythiophen-Derivaten (wie PEDOT).
4. Eine oder mehrere Lochtransport-Schichten (Hole Transport Layer = HTL): üblicherweise auf der Basis von Triarylamin-Derivaten z.B. 4,4',4''-Tris(N-1-naphthyl)N-phenyl-amino)-triphenylamin (NaphDATA) als erste Schicht und N,N'-Di(naphthalin-1-yl)-N,N'-diphenyl-benzidin (NPB) als zweite Lochtransportschicht.
5. Eine oder mehrere Emissions-Schichten (Emission Layer = EML): diese Schicht (bzw. Schichten) kann teilweise mit den Schichten 4 bis 8 zusammenfallen, besteht aber üblicherweise aus mit Fluoreszenzfarbstoffen, z.B. N,N'-Diphenyl-quinacridone (QA), oder Phosphoreszenzfarbstoffen, z.B. Tris-(phenyl-pyridyl)-iridium (Ir(PPy)₃) oder Tris-(2-benzothiophenyl-pyridyl)-iridium (Ir(BTP)₃), dotierten Matrixmaterialien, wie 4,4'-Bis(carbazol-9-yl)-biphenyl (CBP). Die Emissions-Schicht kann aber auch aus Polymeren, Mischungen von Polymeren, Mischungen von Polymeren und niedermolekularen Verbindungen oder Mischungen verschiedener niedermolekularer Verbindungen bestehen.
6. Eine Loch-Blockier-Schicht (Hole-Blocking-Layer = HBL): diese Schicht kann teilweise mit den Schichten 7 und 8 zusammenfallen. Sie besteht üblicherweise aus BCP (2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin = Bathocuproin) oder Bis-(2-methyl-8-quinolinolato)-4-(phenyl-phenolato)-aluminium-(III) (BAIq).
7. Eine Elektronentransport-Schicht (Electron Transport Layer = ETL): größtenteils auf Basis von Aluminium-tris-8-hydroxy-chinoxalinat (AlQ₃).
8. Eine Elektroneninjektions-Schicht (Electron Injection Layer = EIL): diese Schicht kann teilweise mit Schicht 4, 5, 6 und 7 zusammenfallen bzw. es wird ein kleiner Teil der Kathode speziell behandelt bzw. speziell abgeschieden.
9. Eine weitere Elektroneninjektions-Schicht (Electron Injection Layer = EIL): ein dünne Schicht bestehend aus einem Material mit einer hohen Dielektrizitätskonstanten, wie z.B. LiF, Li₂O, BaF₂, MgO, NaF.

10. Eine Kathode wird in der Regel Metalle, Metallkombinationen oder Metalllegierungen mit niedriger Austrittsarbeit verwendet, so z. B. Ca, Ba, Cs, Mg, Al, In, Mg/Ag.

Diese ganze Vorrichtung wird entsprechend (je nach Anwendung) strukturiert, kontaktiert und schließlich auch hermetisch versiegelt, da sich i. d. R. die Lebensdauer derartiger Vorrichtungen bei Anwesenheit von Wasser und/oder Luft drastisch verkürzt. Das Gleiche gilt auch für sogenannte invertierte Strukturen, bei denen das Licht aus der Kathode ausgekoppelt wird. Bei diesen invertierten OLEDs besteht die Anode z.B. aus Al/Ni/NiOx oder Al/Pt/PtOx oder anderen Metall/Metalloxid-Kombinationen, die ein HOMO größer 5 eV besitzen. Die Kathode besteht dabei aus den gleichen Materialien, die in Punkt 9 und 10 beschrieben sind, mit dem Unterschied, daß das Metall wie z.B. Ca, Ba, Mg, Al, In usw. sehr dünn und damit transparent ist. Die Schichtdicke liegt unter 50 nm, besser unter 30 nm, noch besser unter 10 nm. Auf diese transparente Kathode kann noch ein weiteres transparentes Material aufgebracht werden, z.B. ITO (Indium-Zinn-Oxid), IZO (Indium-Zink-Oxid) usw..

Organische Elektrolumineszenzvorrichtungen, bei denen die Emissionsschicht (EML) aus mehr als einer Substanz besteht, sind schon seit längerem bekannt. Im oben genannten Aufbau kommt dem Matrixmaterial der Emissions-Schicht (EML) eine besondere Rolle zu. Das Matrixmaterial muß den Ladungstransport von Löchern und Elektronen ermöglichen oder verbessern und/oder die Ladungsträgerrekombination ermöglichen oder verbessern und gegebenenfalls die bei der Rekombination entstehende Energie auf den Emitter übertragen. Diese Aufgabe wird bei den Elektrolumineszenzvorrichtungen auf Basis phosphoreszierender Emitter bislang von Matrixmaterialien, die Carbazol-Einheiten enthalten, übernommen. Daneben ist vor kurzem von Stöfel et al. die Verwendung von Ketonen und Iminen beschrieben worden (DE 10317556.3).

Matrixmaterialien, die Carbazol-Einheiten, wie z.B. das häufig verwendete CBP, enthalten, haben in der Praxis jedoch einige Nachteile. Diese sind unter anderem in der oftmals kurzen bis sehr kurzen Lebensdauer der mit ihnen hergestellten Devices und den häufig hohen Betriebsspannungen, die zu geringen Leistungseffizienzen führen, zu sehen. Des weiteren hat sich gezeigt, daß aus energetischen Gründen CBP für blau emittierende Elektrolumineszenzvorrichtungen ungeeignet ist, was in einer schlechten Effizienz resultiert.

Es wurde nun überraschend gefunden, daß die Verwendung bestimmter Matrixmaterialien in Kombination mit bestimmten Emittlern zu bestimmten Verbesserungen gegenüber dem Stand der Technik, insbesondere in Bezug auf die Effizienz und in Kombination mit einer stark erhöhten Lebensdauer, führen. Die Verwendung der nachfolgend beschriebenen Matrixmaterialien in OLEDs in Kombination mit *phosphoreszierenden* Emittler ist neu.

5

Gegenstand der Erfindung sind deshalb Mischungen enthaltend

- mindestens ein Matrixmaterial Verbindung A, welches mindestens eine Struktureinheit der Form $L=X$ und / oder $M=X$ enthält, wobei der Rest X mindestens ein nicht-bindendes Elektronenpaar aufweist, der Rest L für P, As, Sb oder Bi steht, der Rest M für S, Se, Te steht, und
- gegebenenfalls auch glasartige Schichten bilden kann
- mindestens ein zur Emission befähigtes Emissionsmaterial B welche eine Verbindung ist die bei geeigneter Anregung Licht emittiert und
- mindestens ein Element der Ordnungszahl größer 20 enthält.

15

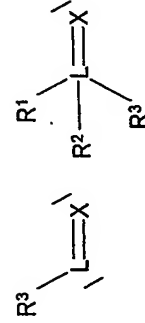
Bevorzugt handelt es sich bei den erfindungsgemäßen Mischungen um solche die mindestens ein Matrixmaterial A enthalten dessen Glastemperatur T_g (gemessen als Reinsubstanz) größer 70°C ist.

20

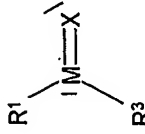
Zur Klarheit sei erwähnt, das das oben und im Folgenden verwendete Symbol „ \equiv “ für eine Doppelbindung im Sinne der Lewis-Schreibweise von Zwei-Elektronen-Zweit-Zentren-Bindungen steht.

25

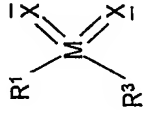
Bevorzugt handelt es sich bei dem Matrixmaterial A mindestens eine Verbindung gemäß Formel (1) bis (4),



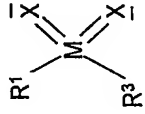
Formel (1)



Formel (2)



Formel (3)



Formel (4)

wobei die Symbole und Indizes folgende Bedeutung haben:

- L P, As, Sb oder Bi;
M S, Se, Te;

30

X
 R^1, R^2

5

10

15 R^3

20

25

30

35

$\text{R}^4, \text{R}^5, \text{R}^6$
 $\text{R}^7, \text{R}^8, \text{R}^9$
 R^{10}

se oder N-R^3 ;

6

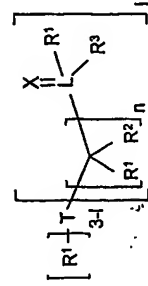
ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten H, F, Cl, Br, I, CN, NO_2 , eine geradkettige oder verzweigte oder mono- oder polycyclische Alkyl-, Alkoxy-, Thioalkoxygruppe mit 1 bis 40 C-Atomen wobei ein oder mehrere nicht benachbarte CH_2 -Gruppen durch $-\text{HC}=\text{CH}-$, $-\text{C}\equiv\text{C}-$, $\text{Si}(\text{R}^4)_2$, $\text{Ge}(\text{R}^5)_2$, $\text{Sn}(\text{R}^6)_2$, NR^7 , $\text{C}=\text{O}$, $\text{C}=\text{S}$, $\text{C}=\text{Se}$, $\text{C}=\text{NR}^8$, $-\text{O}-$, $-\text{S}-$, $-\text{NR}^9$, oder $-\text{CONR}^{10}$ - ersetzt sein können und wobei ein oder mehrere H-Atome durch F, Cl, Br, I, CN, NO_2 ersetzt sein können, oder eine Aryl- oder Heteroarylgruppe mit 1 bis 40 C-Atomen, wobei ein oder mehrere H-Atome durch F, Cl, Br, I, CN, NO_2 ersetzt sein können und die durch einen oder mehrere, nicht aromatische Reste R^1 substituiert sein kann, wobei mehrere Substituenten R^1 miteinander ein weiteres mono- oder polycyclisches, aliphatisches oder aromatisches Ringsystem bilden können, oder eine Aminogruppe der Form $\text{N}(\text{R}^3)_2$;

ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten eine geradkettige oder verzweigte oder mono- oder polycyclische Alkyl-, Alkoxy-, oder Thioalkoxygruppe mit 1 bis 40 C-Atomen, wobei R^3 zusammen mit R^1 und/oder R^2 auch ein bi- oder polycyclisches Ringsystem aufspannen kann, und wobei ein oder mehrere nicht benachbarte CH_2 -Gruppen durch $-\text{HC}=\text{CH}-$, $-\text{C}\equiv\text{C}-$, $\text{Si}(\text{R}^4)_2$, $\text{Ge}(\text{R}^5)_2$, $\text{Sn}(\text{R}^6)_2$, NR^7 , $\text{C}=\text{O}$, $\text{C}=\text{S}$, $\text{C}=\text{Se}$, $\text{C}=\text{NR}^8$, $-\text{O}-$, $-\text{S}-$, $-\text{NR}^9$, oder $-\text{CONR}^{10}$ - ersetzt sein können und wobei ein oder mehrere H-Atome durch F, Cl, Br, I, CN, NO_2 ersetzt sein können, oder eine Aryl- oder Heteroarylgruppe mit 1 bis 40 C-Atomen, wobei ein oder mehrere H-Atome durch F, Cl, Br, I, CN, NO_2 ersetzt sein können und die durch einen oder mehrere aromatische Reste R^1 substituiert sein kann, wobei mehrere Substituenten R^1 miteinander ein weiteres mono- oder polycyclisches, aliphatisches oder aromatisches Ringsystem bilden können, oder eine Aminogruppe der Form $\text{N}(\text{R}^3)_2$;

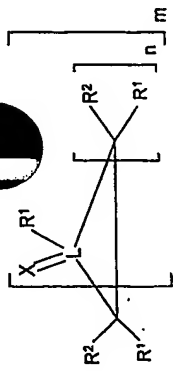
ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten eine geradkettige oder verzweigte oder mono- oder polycyclische Alkyl-, Alkoxy-, oder Thioalkoxygruppe mit 1 bis 40 C-Atomen, wobei R^3 zusammen mit R^1 und/oder R^2 auch ein bi- oder polycyclisches Ringsystem aufspannen kann, und wobei ein oder mehrere nicht benachbarte CH_2 -Gruppen durch $-\text{HC}=\text{CH}-$, $-\text{C}\equiv\text{C}-$, $\text{Si}(\text{R}^4)_2$, $\text{Ge}(\text{R}^5)_2$, $\text{Sn}(\text{R}^6)_2$, NR^7 , $\text{C}=\text{O}$, $\text{C}=\text{S}$, $\text{C}=\text{Se}$, $\text{C}=\text{NR}^8$, $-\text{O}-$, $-\text{S}-$, $-\text{NR}^9$, oder $-\text{CONR}^{10}$ - ersetzt sein können und wobei ein oder mehrere H-Atome durch F, Cl, Br, I, CN, NO_2 ersetzt sein können, oder eine Aryl- oder Heteroarylgruppe mit 1 bis 40 C-Atomen, wobei ein oder mehrere H-Atome durch F, Cl, Br, I, CN, NO_2 ersetzt sein können und die durch einen oder mehrere, nicht aromatische Reste R^1 substituiert sein kann, wobei mehrere Substituenten R^1 miteinander ein weiteres mono- oder polycyclisches, aliphatisches oder aromatisches Ringsystem bilden können, und wobei R^3 mit R^1 und / oder R^2 ein mono- oder polycyclisches, aliphatisches oder aromatisches Ringsystem bilden kann;

sind gleich oder verschieden bei jedem Auftreten, H oder ein aliphatischer oder aromatischer Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 20 C-Atomen.

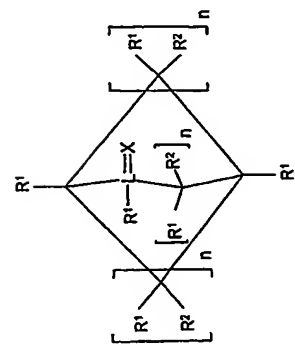
Ebenso bevorzugt sind organischen Elektrolumineszenzvorrichtung die als Matrixmaterial A, mindestens eine Verbindung gemäß Formel (5) bis (37) enthalten,



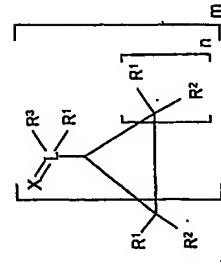
Formel (5)



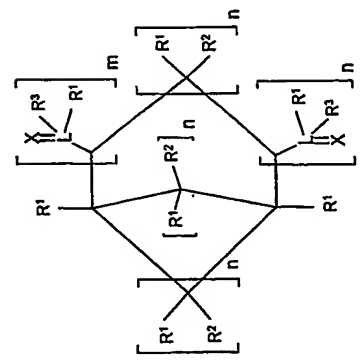
Formel (6)



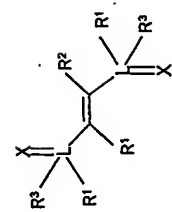
Formel (7)



Formel (8)



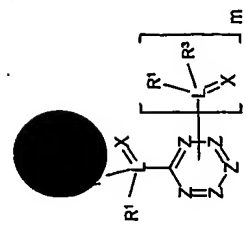
Formel (9)



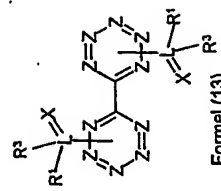
Formel (10)



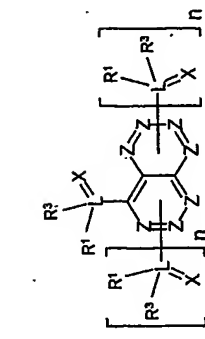
Formel (11)



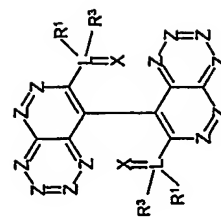
Formel (12)



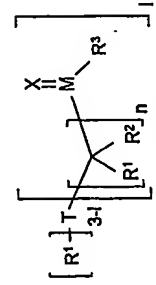
Formel (13)



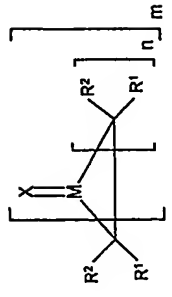
Formel (14)



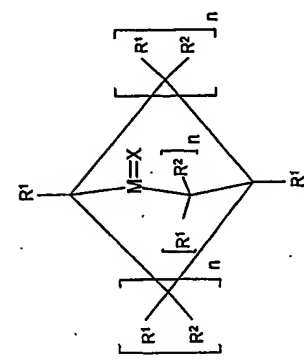
Formel (15)



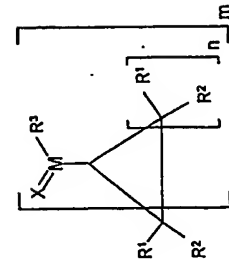
Formel (16)



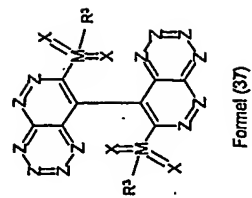
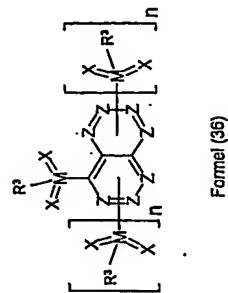
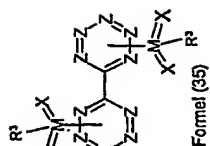
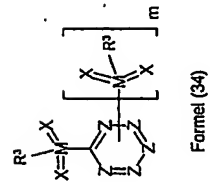
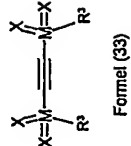
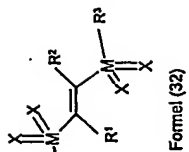
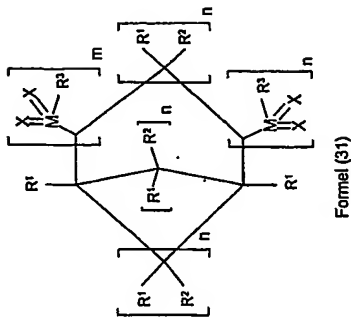
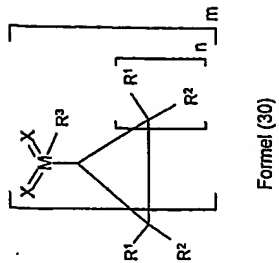
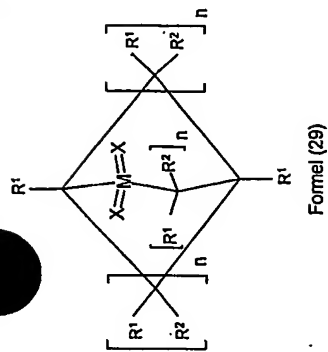
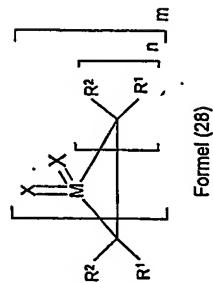
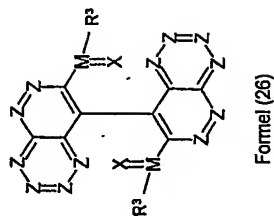
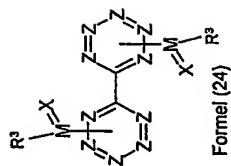
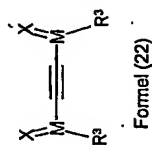
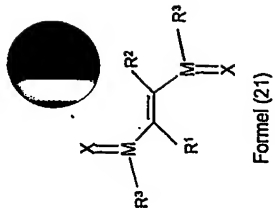
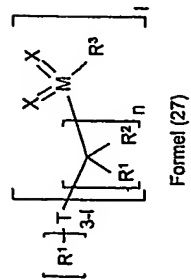
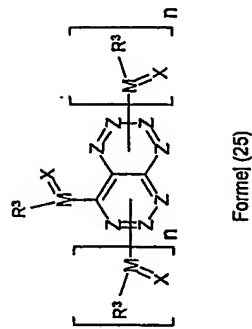
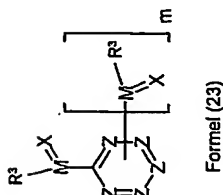
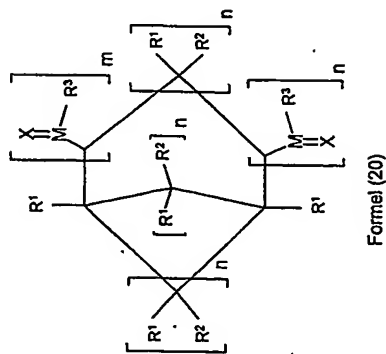
Formel (17)



Formel (18)



Formel (19)



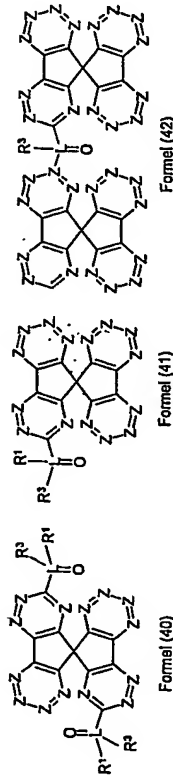
wobei die Symbole und Indizes folgende Bedeutung haben:

und wobei die Symbole I, o, R⁴, R⁵, R⁶, R⁷, R⁸, R⁹ und R¹⁰ die Bedeutung haben.

Besonders bevorzugt sind Mischungen, die eines oder mehrere der oben durch Formel (1) bis (49) beschriebenen Matrixmaterialien A enthalten, dadurch gekennzeichnet, daß diese chiral sind.

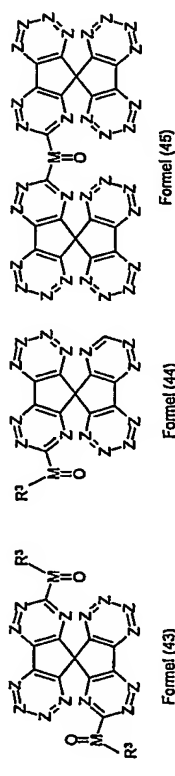
5

Die Verbindungen gemäß Formel (40) bis (49),



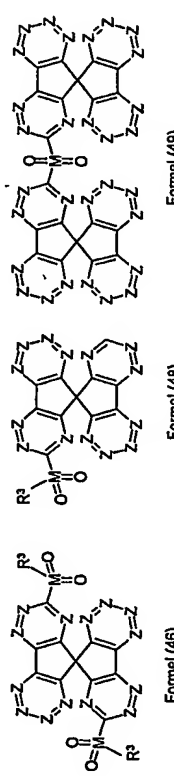
Formel (41)

Formel (42)



Formel (44)

Formel (45)



Formel (48)

Formel (49)

wobei:

L P, As, Sb, Bi;

M S, Se, Te;

Z ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten CR¹ oder N;

R¹, R² ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten H, F, Cl, Br, I, CN, NO₂, eine geradkettige oder verzweigte oder mono- oder polycyclische Alkyl-, Alkoxy-, Thioalkoxygruppe mit 1 bis 40 C-Atomen wobei ein oder mehrere nicht benachbarte CH₂-Gruppen durch -HC=CH-, -C≡C-, Si(R⁴)₂, Ge(R⁵)₂, Sn(R⁶)₂, NR⁷, C=O, C=S, C=Se, C=NR⁸, -O-, -S-, -NR⁹ oder -CONR¹⁰ - ersetzt sein können und wobei ein oder mehrere H-Atome durch F, Cl, Br, I, CN, NO₂ ersetzt sein können, oder eine Aryl- oder Heteroarylgruppe mit 1 bis 40 C-Atomen, wobei ein oder mehrere

20

erne durch F, Cl, Br, I, CN, NO₂ ersetzt sein können und die durch einen oder mehrere, nicht aromatische Reste R¹ substituiert sein kann, wobei mehrere Substituenten R¹ miteinander ein weiteres mono- oder polycyclisches, aliphatisches oder aromatisches Ringsystem bilden können, oder eine Aminogruppe der Form N(R³)₂;

5

R³

ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten eine geradkettige oder verzweigte oder mono- oder polycyclische Alkyl-, Alkoxy-, oder Thioalkoxygruppe mit 1 bis 40 C-Atomen, wobei R³ zusammen mit R¹

und/oder R² auch ein bi- oder polycyclisches Ringsystem aufspannen kann, und wobei ein oder mehrere nicht benachbarte CH₂-Gruppen durch durch -HC=CH-, -C≡C-, Si(R⁴)₂, Ge(R⁵)₂, Sn(R⁶)₂, NR⁷, C=O, C=S, C=Se, C=NR⁸, -O-, -S-, -NR⁹, oder -CONR¹⁰ - ersetzt sein können und wobei ein oder mehrere H-Atome durch F, Cl, Br, I, CN, NO₂ ersetzt sein können, oder eine Aryl- oder Heteroarylgruppe mit 1 bis 40 C-Atomen, wobei ein oder mehrere H-Atome durch F, Cl, Br, I, CN, NO₂ ersetzt sein können und die durch einen oder mehrere, nicht aromatische Reste R¹ substituiert sein kann, wobei mehrere Substituenten R¹ miteinander ein weiteres mono- oder polycyclisches, aliphatisches oder aromatisches Ringsystem bilden können, und wobei R³ mit R¹ und / oder R² ein mono- oder polycyclisches, aliphatisches oder aromatisches Ringsystem bilden kann;

10

15

20

R⁴, R⁵, R⁶,
R⁷, R⁸, R⁹,
R¹⁰

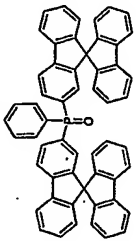
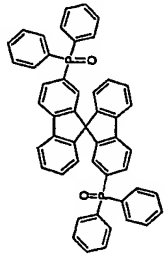
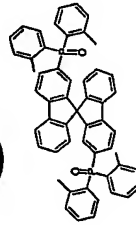
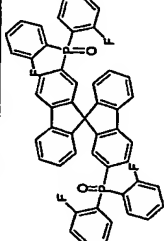
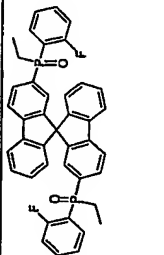
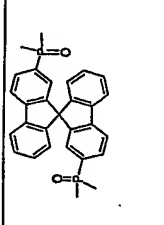
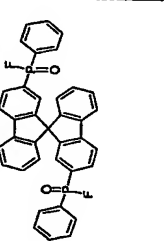
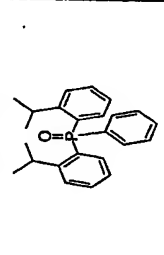
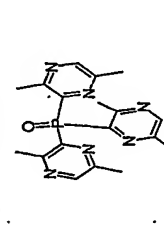
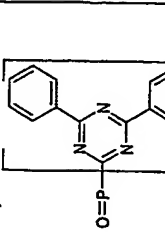
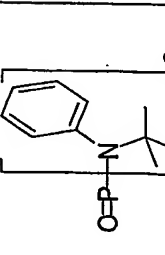
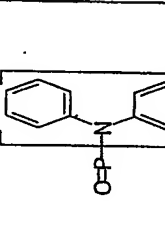
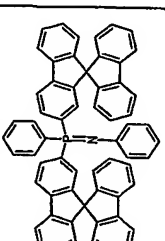
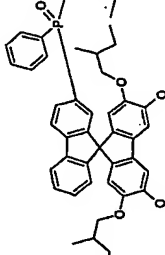
sind gleich oder verschieden bei jedem Auftreten, H oder ein -aliphatischer oder aromatischer Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 20 C-Atomen,

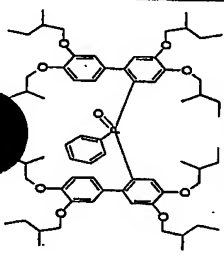
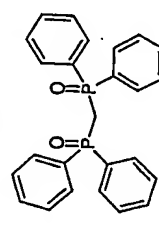
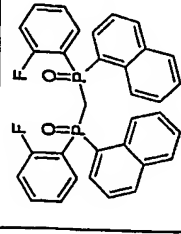
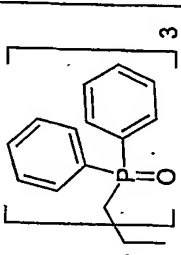
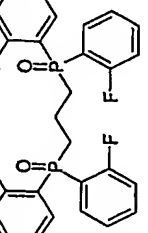
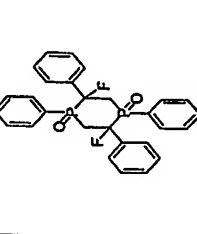
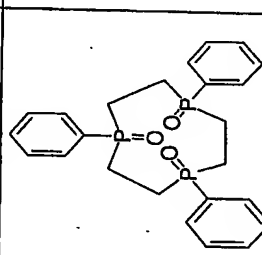
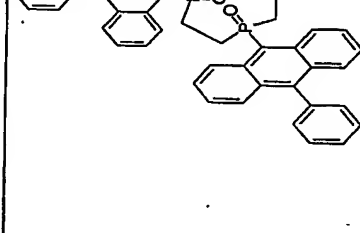
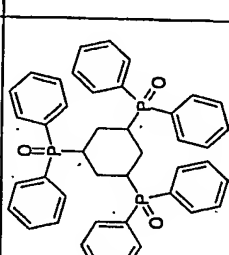
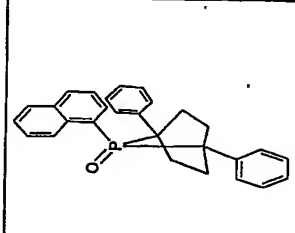
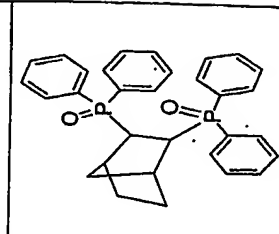
25

sind neu und damit ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung.

Die vorliegende Erfindung wird durch die folgenden Beispiele für Matrixmaterialien A näher erläutert, ohne sie darauf einschränken zu wollen. Der Fachmann kann aus der Beschreibung und den aufgeführten Beispielen ohne erfinderisches Zutun weitere erfindungsgemäße Matrixmaterialien herstellen.

30

		
Beispiel 1	Beispiel 2	Beispiel 3
		
Beispiel 4	Beispiel 5	Beispiel 6
		
Beispiel 7	Beispiel 8	Beispiel 9
		
Beispiel 10	Beispiel 11	Beispiel 12
		
Beispiel 13	Beispiel 14	

		
Beispiel 15	Beispiel 16	Beispiel 17
		
Beispiel 18	Beispiel 19	Beispiel 20
		
Beispiel 21	Beispiel 22	
		
Beispiel 23	Beispiel 24	Beispiel 25

Beispiet 26	Beispiet 27	Beispiet 28
Beispiet 29	Beispiet 30	Beispiet 31
Beispiet 32	Beispiet 33	Beispiet 34
Beispiet 35	Beispiet 36	Beispiet 37

Beispiet 38	Beispiet 39	Beispiet 40
Beispiet 41	Beispiet 42	Beispiet 43
Beispiet 44	Beispiet 45	Beispiet 46
Beispiet 47	Beispiet 48	Beispiet 49
Beispiet 50	Beispiet 51	Beispiet 52
Beispiet 53	Beispiet 54	Beispiet 55

Die oben beschriebenen erfindungsgemäßen Matrixmaterialien A - z.B. gemäß den Beispielen 50 bis 53 - können beispielsweise als Co-Monomere zur Erzeugung

entsprechender konjugierter oder auch teilkonjugierter Polymere, auch als Kern von Dendrimern - z. B. gemäß den Beispielen 54 und 55 - Verwendung finden. Die entsprechende weitergehende Funktionalisierung (Polymerisation oder Umsetzung zu Dendrimern) erfolgt dabei bevorzugt über die Halogenfunktionalität. So können die o. g. Verbindungen u. a. in lösliche Polyfluorene (z. B. gemäß EP-A-842208 oder WO 00/22026), Poly-spirofluorene (z. B. gemäß EP-A-707020 oder EP-A-894107), Poly-para-phenylene (z. B. gemäß WO 92/18552), Poly-carbazole oder auch Polythiophene (z. B. gemäß EP-A-1028136) einpolymerisiert werden.

Die oben beschriebenen konjugierten oder teilkonjugierten Polymere oder Dendrimere, die eine oder mehrere Struktureinheiten der Formel (1) bis (49)

enthalten, können als Matrixmaterial in organischen Elektrolumineszenzvorrichtung verwendet werden.

Weiterhin können die erfindungsgemäßen Matrixmaterialien A auch durch die beispielsweise o. g. Reaktionstypen weiter funktionalisiert werden, und so zu *erweiterten Matrixmaterialien A* umgesetzt werden. Hier ist als Beispiel die Funktionalisierung mit Arylboronsäuren gem. SUZUKI oder mit Aminen gem. HARTWIG-BUCHWALD zu nennen.

Um als Funktionsmaterial Verwendung zu finden, werden die erfindungsgemäßen Matrixmaterialien A oder deren Mischungen, oder die Matrixmaterialien A enthaltende Polymere oder Dendrimere oder deren Mischungen, oder Mischungen aus den Matrixmaterialien A und den Matrixmaterialien A enthaltende Polymere oder Dendrimere, gegebenenfalls zusammen mit den Emittern B, nach allgemein bekannten, dem Fachmann geläufigen Methoden, wie Vakuumverdampfung, Verdampfen im Trägergasstrom, oder auch aus Lösung durch Spincoaten oder mit verschiedenen Druckverfahren (z. B. Tintenstrahldrucken, off-set-Drucken, LITI-Druck, etc.), in Form eines Films auf ein Substrat aufgebracht.

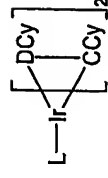
Dabei kann die Verwendung von Druckverfahren Vorteile hinsichtlich der Skalierbarkeit der Fertigung, als auch bezüglich der Einstellung von Mischungsverhältnissen in verwendeten Blend-Schichten haben.

Die oben beschriebenen Matrixmaterialien werden in Kombination mit Phosphoreszenz-Emittern verwendet. Die so dargestellten organischen Elektrolumineszenzvorrichtungen zeichnen sich dadurch aus, daß sie als Emittter B, mindestens eine Verbindung enthalten, die dadurch gekennzeichnet ist, daß sie bei geeigneter Anregung Licht, vorzugsweise im sichtbaren Bereich, emittiert und

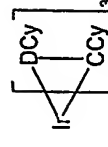
außerdem mindestens ein Atom der Ordnungszahl größer 20, bevorzugt größer 38 und kleiner 84, besonders bevorzugt größer 56 und kleiner 80 enthält.

Bevorzugt werden als Phosphoreszenz-Emitter in den oben beschriebenen organischen Elektrolumineszenzvorrichtungen Verbindungen, die Molybdän, Wolfram, Rhenium, Ruthenium, Osmium, Rhodium, Iridium, Palladium, Platin, Silber, Gold oder Europium enthalten, verwendet.

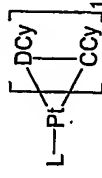
Besonders bevorzugte Mischungen enthalten als Emittter B, mindestens eine Verbindung der Formel (50) bis (53),



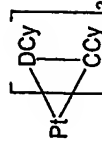
Formel (50)



Formel (51)



Formel (52)



Formel (53)

DCy

CCy

R⁸

eine zyklische Gruppe ist, die mindestens ein Donoratom, bevorzugt Stickstoff oder Phosphor, enthält, über welches die zyklische Gruppe an das Metall gebunden ist; und die wiederum ein oder mehrere Substituenten R⁸ tragen kann. Die Gruppen DCy und CCy sind über eine kovalente Bindung mit einander verbunden;

eine zyklische Gruppe ist, die ein Kohlenstoffatom enthält, über welches die zyklischen Gruppe an das Metall gebunden ist und die wiederum ein oder mehrere Substituenten R⁸ tragen kann;

gleich oder verschieden und bei jedem Auftreten H, F, Cl, Br, I, NO₂, CN, eine geradkettige oder verzweigte oder cyclische Alkyl- oder Alkoxygruppe mit 1 bis 40 C-Atomen, wobei ein oder mehrere nicht benachbarte CH₂-Gruppen durch C=O, C=S, C=Se, C=NR⁴, -O-, -S-, -NR⁵, oder -CONR⁶ - ersetzt sein können und wobei ein oder mehrere H-Atome durch F ersetzt sein können, oder eine Aryl- oder Heteroarylgruppe mit 4 bis 14 C-Atomen, die durch einen oder mehrere, nicht aromatische Reste R⁸ substituiert sein kann; wobei mehrere Substituenten R⁸, sowohl am selben Ring als auch an den

beiden unterschiedlichen Ringen zusammen wie in weiteres mono- oder polycyclisches Ringsystem aufspannen können; ist, ein zweizählig, chelatisierender Ligand, bevorzugt ein Di-ketonat-ligand,

R^4 , R^5 , R^6 , gleich oder verschieden ist und bei jedem Auftreten, H oder ein aliphatischer oder aromatischer Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 20 C-Atomen ist.

Beispiele der oben beschriebenen Emittier können zum Beispiel den folgenden Anmeldungen (WO 00/70655, WO 01/41512 A1, WO 02/02714 A2, WO 02/15645 A1, EP 1 191613 A2, EP 1 191 612 A2, EP 1 191 614 A2) entnommen werden, und diese werden hiermit via Zitat als Bestandteil der Anmeldung betrachtet.

Die erfindungsgemäße Mischung enthält zwischen 1 bis 99 Gew.-%, vorzugsweise 3 bis 95 Gew.-%, besonders bevorzugt 5 bis 50 Gew.-%, insbesondere 7 bis 20 Gew.-%, an Emittier B bezogen auf die Gesamtmischung aus Emittier B und Matrixmaterial A.

Weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind elektronische Bauteile, insbesondere organische Elektrolumineszenzvorrichtungen(O-LED), organische Solarzellen (O-SCs), organische Feldeffekttransistoren (O-FETs) oder auch organische Laserdioden (O-Laser) enthaltend die erfindungsgemäße Mischung aus Matrixmaterial A und Emissionsmaterial B.

Besonders bevorzugt sind organische Elektrolumineszenzvorrichtungen, die mindestens eine emittierende Schicht (EML) aufweist, enthaltend eine Mischung aus mindestens einem Matrixmaterial A und mindestens einem zur Emission befähigten Emissionsmaterial B, wobei,

A eine Verbindung ist, welche mindestens eine Struktureinheit der Form $L=X$ und / oder $M=X$ enthält, dadurch gekennzeichnet, daß X mindestens ein nicht-bindendes Elektronenpaar aufweist, und gegebenenfalls auch glasartige Schichten bilden kann, und wobei

L P, As, Sb oder Bi ist, -
M S, Se, Te ist, und

B eine Verbindung ist, dadurch gekennzeichnet, daß sie bei geeigneter Anregung Licht emittiert und welche mindestens ein Element der Ordnungszahl größer 20 enthält.

Bevorzugt sind organische Elektrolumineszenzvorrichtungen, die eine emittierende Schicht (EML) enthalten, enthaltend eine Mischung aus mindestens einem Matrixmaterial A und mindestens einem zur Emission befähigten Emissionsmaterial B, wobei,

A eine Verbindung ist, welche mindestens eine Struktureinheit der Form $L=X$ und / oder $M=X$ enthält, dadurch gekennzeichnet, daß X mindestens ein nicht-bindendes Elektronenpaar aufweist, und die Glastemperatur T_g der Substanz A größer 70°C ist, und eine Verbindung ist, dadurch gekennzeichnet, daß sie bei geeigneter Anregung Licht emittiert und welche mindestens ein Element der Ordnungszahl größer 20 enthält, und L und M die oben angegebene Bedeutung haben.

Die bevorzugten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Mischungen aus Matrixmaterial A und Emissionsmaterial B sind auch für die erfindungsgemäßen elektronischen Bauteile, insbesondere für die organischen Elektrolumineszenzvorrichtungen(O-LED), organischen Solarzellen (O-SCs), organischen Feldeffekttransistoren (O-FETs) oder auch organischen Laserdioden (O-Laser) gegeben. Zur Vermeidung von unnötigen Wiederholungen wird daher auf erneute Aufzählung an dieser Stelle verzichtet.

Im vorliegenden Anmeldetext und auch in den im weiteren folgenden Beispielen wird nur auf organische Leuchtdioden und die entsprechenden Displays abgezielt. Trotz dieser Beschränkung der Beschreibung ist es für den Fachmann ohne weiteres erfinderisches Zutun möglich, entsprechende erfindungsgemäße Schichten aus den erfindungsgemäßen Mischungen herzustellen und anzuwenden, insbesondere in OLED-nahen oder verwandten Anwendungen.

Die nachfolgend beschriebenen Beispiele zeigen klar auf, daß die erfindungsgemäßen Matrixmaterialien A zu einer deutlichen Verbesserung der Effizienz und der Lebensdauer der mit diesen hergestellten Elektrolumineszenzvorrichtungen führen. Außerdem gelingt es bei Verwendung der Matrixmaterialien A blaue emittierende Elektrolumineszenzvorrichtungen herzustellen.

Allgemeines Meßverfahren zur Bestimmung der Glasübergangstemperatur:
Die sublimierten Proben wurden zunächst mit einer Heizrate von 10 K/min. ausgehend von 25°C bis zum Schmelzpunkt der Substanz +50°C aufgeheizt.

Anschließend wurden sie von dieser Temperatur mit einer Heizrate von 80 K/min. auf 25°C abgekühlt. Die Messung der Glasübergangstemperatur erfolgte durch erneutes Aufheizen mit einer Heizrate von 10 K/min. bis zu einer Temperatur 50°C oberhalb des Schmelzpunktes der Substanz mit einem Gerät der Fa. Netzsch DCS 204, (TASC 414/4 Controller und CC200 C Controller).

1. Synthese von Matrixmaterialien:

Die nachfolgenden Synthesen wurden - sofern nicht anders angegeben - unter einer Schutzgasatmosphäre in getrockneten Lösungsmitteln durchgeführt. Die Edukte wurden von ALDRICH [Dichlorphenylphosphin] bezogen. 2-Brom-9,9'-spiro-bifluoren wurde nach Literaturmethoden Pei, Jian et al., J. Org. Chem., 2002, 67(14), 4924-4936 dargestellt.

Beispiel 1: Bis(9,9'-spiro-bifluoren-2-yl)phenylphosphinoxid

Aus einer Lösung von 98.8 g (250 mmol) 2-Brom-9,9'-spiro-bifluoren und 6 ml 1,2-Dichlorethan in 1000 ml THF und 7.1 g (290 mmol) Magnesium wurde in der Siedehitze das entsprechende Grignard-Reagens hergestellt.

Zu dieser Grignard-Lösung wurde bei 0-5°C eine Lösung von 16.3 ml (120 mmol) Dichlorphenylphosphin in 100 ml THF während 15 min. zugegeben. Anschließend wurde die Mischung 1 h unter Rückfluß erhitzt. Nach Abkühlen wurde die Mischung mit 10 ml Wasser versetzt und bis zur Trockene eingedunstet. Der farblose Rückstand wurde in 1000 ml Dichlormethan aufgenommen, die Suspension wurde dreimal mit 300 ml Wasser gewaschen. Die organische Phase wurde abgetrennt, über Natriumsulfat getrocknet und anschließend eingedunstet.

Der farblose Rückstand wurde in 1000 ml Essigsäureethylester gelöst und tropfenweise unter gutem Rühren mit einem Gemisch aus 10.3 ml Wasserstoffperoxid (35 Gew.-% in Wasser) und 100 ml Wasser versetzt. Nach 18 h Rühren wurde der ausgefallene farblose Feststoff abgesaugt, mit Ethanol gewaschen und getrocknet. Der Feststoff wurde 3 mal aus Chlorbenzol (10 ml / g) umkristallisiert und anschließend im Hochvakuum ($T = 385^\circ\text{C}$, $p = 5 \times 10^{-5}$ mbar) sublimiert. Die Ausbeute bei einer Reinheit > 99.9 % nach HPLC betrug 40.1 g (53 mmol) entsprechend 42.4 % der Th.

Schmelzpunkt: $T_m = 334^\circ\text{C}$, Glasübergangspunkt: $T_g = 161^\circ\text{C}$.

^{31}P -NMR (CDCl_3): δ [ppm] = 30.4 (s).

^1H -NMR (CDCl_3): δ [ppm] = 7.83 – 7.81 (m, 2 H), 7.76 – 7.75 (m, 6 H), 7.38 – 7.22 (m, 15 H), 7.15 – 7.12 (m, 2 H), 7.06 – 7.03 (m, 4 H), 6.72 – 6.71 (m, 2 H), 6.64 – 6.60 (m, 4 H).

2. Herstellung und Charakterisierung von organischen Elektrolumineszenzvorrichtungen, die erfindungsgemäße Verbindungen enthalten.

Die Herstellung von OLEDs erfolgte nach dem im folgenden skizzierten allgemeinen Verfahren. Dieses mußte natürlich im Einzelfall auf die jeweiligen Gegebenheiten (z. B. Schichtdickenvariation, um optimale Effizienz bzw. Farbe zu erreichen) angepaßt werden.

Erfindungsgemäße Elektrolumineszenzvorrichtungen können beispielsweise wie folgt dargestellt werden:

- ITO beschichtetes Substrat: Als Substrat wird bevorzugt mit ITO beschichtetes Glas verwendet, das einen möglichst niedrigen Gehalt bzw. keine ionischen Verunreinigungen enthält, wie z. B. Flachglas von den Firmen Merck-Balzers oder Akali. Es können aber auch andere mit ITO beschichtete transparente Substrate, wie z. B. flexible Kunststofffolien oder Lamine verwendet werden. Das ITO muß eine möglichst hohe Leitfähigkeit mit einer hohen Transparenz verbinden. ITO-Schichtdicken zwischen 50 und 200 nm haben sich als besonders geeignet herausgestellt. Die ITO Beschichtung muß möglichst flach, bevorzugt mit einer Rauigkeit unter 2 nm, sein. Die Substrate werden zunächst mit einer 4%igen Dekonex-Lösung in entionisiertem Wasser vorgereinigt.
- Danach wird das ITO beschichtete Substrat entweder mindestens 10 Minuten mit Ozon oder einige Minuten mit Sauerstoffplasma behandelt oder kurze Zeit mit einer Exzimer-Lampe bestrahlt.

- Lochinjektions-Schicht (Hole Injection Layer = HIL): Als HIL wird entweder ein Polymer oder eine niedermolekulare Substanz verwendet. Besonders geeignet sind die Polymere Polyaniilin (PANI) oder Polythiophen (PEDOT) und deren Derivate. Es handelt sich meist um 1 bis 5%ige wässrige Dispersionen, welche in dünnen Schichten zwischen 20 und 200 nm, bevorzugt zwischen 40 und 150 nm Schichtdicke auf das ITO-Substrat durch Spincoaten, Inkjet-Drucken oder andere Beschichtungsverfahren aufgebracht werden. Danach werden die mit PEDOT oder PANI beschichteten ITO-Substrate getrocknet. Für die Trocknung bieten sich mehrere Verfahren an. Herkömmlich werden die Filme im Trockenofen 1 bis 10 Minuten zwischen 110 und 200°C bevorzugt zwischen 150 und 180°C getrocknet. Aber auch neuere Trocknungsverfahren wie z.B. Bestrahlung mit IR- (Infrarot)-Licht führen zu sehr guten Resultaten, wobei die Bestrahlungsdauer im allgemeinen weniger als einige Sekunden dauert. Als niedermolekulares Material werden bevorzugt dünne Schichten, zwischen 5 und 30 nm, Kupferphthalocyanin (CuPc) verwendet. Herkömmlich wird CuPc in Vakuum-Sublimationsanlagen aufgedampft. Alle HIL müssen nicht nur sehr gut Löcher

injizieren, sondern auch sehr gut auf ITO und Glas haften, sowohl für CuPc als auch für PEDOT und PANI der Fall. Eine besonders niedrige Absorption im sichtbaren Bereich und damit eine hohe Transparenz zeigen PEDOT und PANI, welches eine weitere notwendige Eigenschaft für die HIL ist.

3. Eine oder mehrere Lochtransport-Schichten (Hole Transport Layer = HTL). Bei den meisten OLEDs sind eine oder mehrere HTLs Voraussetzung für eine gute Effizienz und hohe Stabilität. Dabei erreicht man mit einer Kombination von zwei Schichten beispielsweise bestehend aus Triarylaminen wie MTDATA (4,4',4''-Tris(N-3-methyl-phenyl)-N-phenyl-amino)-triphenylamine) oder NaphDATA (4,4',4''-Tris(N-1-naphthyl)-N-phenyl-amino)-triphenylamine) als erste HTL und NPB (N,N'-Di(naphthalin-1-yl)-N,N'-diphenyl-benzidin) oder Spiro-TAD (Tetrakis-2,2',7,7'-diphenylamino-spiro-9,9'-bifluoren) als zweite HTL sehr gute Ergebnisse. MTDATA oder NaphDATA bewirken eine Erhöhung der Effizienz in den meisten OLEDs um ca. 20 – 40%; wegen der höheren Glasstemperatur T_g wird NaphDATA ($T_g = 130^\circ\text{C}$) gegenüber MTDATA ($T_g = 100^\circ\text{C}$) bevorzugt. Als zweite Schicht wird Spiro-TAD ($T_g = 130^\circ\text{C}$) wegen der höheren T_g gegenüber NPB ($T_g = 95^\circ\text{C}$) bevorzugt. MTDATA bzw. NaphDATA haben eine Schichtdicke zwischen 5 und 100 nm, bevorzugt 10 und 60 nm, besonders bevorzugt zwischen 15 und 40 nm. Für dickere Schichten benötigt man etwas höhere Spannungen, um die gleiche Helligkeit zu erreichen; gleichzeitig verringert sich die Anzahl der Defekte. Spiro-TAD bzw. NPB haben eine Schichtdicke zwischen 5 und 150 nm, bevorzugt 10 und 100 nm, besonders bevorzugt zwischen 20 und 60 nm. Mit zunehmender Schichtdicke von NPB und den meisten anderen Triarylaminen benötigt man höhere Spannungen für gleiche Helligkeiten. Die Schichtdicke von Spiro-TAD hat jedoch nur einen geringfügigen Einfluss auf die Strom-Spannung-Elektrolumineszenz-Kennlinien, d.h. die benötigte Spannung, um ein bestimmte Helligkeit zu erreichen, hängt nur geringfügig von der Spiro-TAD Schichtdicke ab. Anstelle von niedermolekularen Triarylaminen können auch hochmolekulare Triarylamine verwendet werden. Es handelt sich meist um 0.1 bis 30%ige Lösungen, welche in dünnen Schichten zwischen 20 und 500 nm; bevorzugt zwischen 40 und 150 nm Schichtdicke auf das ITO-Substrat oder die HIL (z.B. PEDOT- oder PANI-Schicht) durch Spincoaten, Inkjet-Drucken oder andere Beschichtungsverfahren aufgebracht werden.

4. Emissions-Schicht (Emission Layer = EML): Diese Schicht kann teilweise mit den Schichten 3 und/oder 5 zusammenfallen. Sie besteht z.B. aus einem niedermolekularen Wirtsmaterial und einem niedermolekularen Gastmaterial, dem phosphoreszierenden Dotanden, wie beispielsweise CBP oder eines der oben beschriebenen Matrixmaterialien A als Wirtsmaterial und Ir(PPy)₃ als

Dotanden. Resultate erreicht man bei einer Konzentration von 5 – 30 % Ir(PPy)₃ in CBP oder eines der oben beschriebenen Matrixmaterialien A bei einer EML- Schichtdicke von 10 – 100 nm bevorzugt 10-50 nm. Anstelle von niedermolekularen lichtemittierenden Verbindungen (Polymere) verwendet werden, hochmolekulare lichtemittierenden Verbindungen (Polymere) verwendet werden, wobei eine oder auch beide Komponenten des Wirts-Gast-Systems hochmolekular sein können.

5. Eine Elektronentransport- und Lochblockier-Schicht (Hole Blocking Layer = HBL): Als HBL-Material hat sich besonders BCP (2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin = Bathocuproin) oder BAQ als sehr wirkungsvoll gezeigt. Eine dünne Schicht von 3 – 30 nm, bevorzugt 5 – 20 nm erhöht die Effizienz sehr effektiv. Anstelle von niedermolekularen HBLs können auch hochmolekulare HBLs verwendet werden.
6. Elektronentransport-Schicht (Electron Transport Layer = ETL): Als ETL-Materialien sind Metall-hydroxy-chinolate gut geeignet; besonders Aluminium-tris-8-hydroxy-chinolat (Alq₃) hat sich als einer der stabilsten Elektronenleiter herausgestellt. Anstelle von niedermolekularen ETLs können auch hochmolekulare ETLs verwendet werden.
7. Elektroneninjektions-Schicht (Electron Injection Layer = EIL): Eine dünne Schicht mit einer Schichtdicke zwischen 0.2 und 8 nm bevorzugt 0.5 – 5 nm bestehend aus einem Material mit einer hohen Dielektrizitätskonstanten, insbesondere anorganische Fluoride und Oxide wie z.B. LiF, Li₂O, BaF₂, MgO, NaF und weiteren Materialien hat sich als EIL als besonders gut herausgestellt. Speziell in Kombination mit Al führt diese zusätzliche Schicht zu einer deutlichen Verbesserung der Elektroneninjektion, und damit zu verbesserten Resultaten bezüglich Lebensdauer, Quanten- und Leistungseffizienz.
8. Kathode: Hier werden in der Regel Metalle, Metallkombinationen oder Metalllegierungen mit niedriger Austrittsarbeit verwendet so z. B. Ca, Ba, Cs, K, Na, Mg, Al, In, Mg/Ag.
9. a) Herstellung dünner Schichten (2.-8.) niedermolekularer Verbindungen: Alle niedermolekularen Materialien der HIL, HTL, EML, HBL, ETL, EIL und Kathode werden in Vakuum-Sublimationsanlagen bei einem Druck kleiner 10^{-5} mbar, bevorzugt kleiner 10^{-6} mbar, besonders bevorzugt kleiner 10^{-7} mbar aufgedampft. Die Aufdampfraten können zwischen 0.01 und 10 nm/s bevorzugt 0.1 und 1 nm/s betragen. Neuere Verfahren wie die OPVD (Organic Physical Vapour Deposition) oder LITI (Light Induced Thermal Imaging) sind für die Beschichtung niedermolekularer Materialien ebenso geeignet, so wie weitere Drucktechniken. Für dotierte Schichten hat die OPVP ein großes Potential, weil das Einstellen von

beliebigen Mischungsverhältnissen besonders gut gelingt. Die Konzentrationen der Dotanden kontinuierlich verändern. Somit sind bei der OPVD die Voraussetzungen für die Verbesserung der Elektrolumineszenz-Vorrichtung optimal. Wie oben beschrieben kann die Herstellung der

erfindungsgemäßen Vorrichtungen auch durch spezielle Druckverfahren (wie das genannte LITI) durchgeführt werden. Dies hat sowohl Vorteile hinsichtlich der Skalierbarkeit der Fertigung, als auch bezüglich der Einstellung von

Mischungsverhältnissen in verwendeten Blend-Schichten. Hierfür ist es aber in aller Regel nötig, entsprechende Schichten (für LITI: Transfer-Schichten) zu präparieren, welche dann erst auf das eigentliche Substrat übertragen werden.

b) Herstellung dünner Schichten (2.-6.) hochmolekularer Verbindungen

(Polymere): Es handelt sich meist um 0.1 bis 30%ige Lösungen, welche in dünnen Schichten zwischen 10 und 500 nm, bevorzugt zwischen 10 und 80 nm Schichtdicke auf das ITO-Substrat oder darunterliegende Schichten durch

Spincoaten, Inkjet-Drucken, LITI oder andere Beschichtungsverfahren und Drucktechniken aufgebracht werden.

10. Verkapselung: Eine effektive Einkapselung der organischen Schichten inklusive der EIL und der Kathode ist für organische Elektrolumineszenzvorrichtungen unerlässlich. Wenn das organische Display auf einem Glassubstrat aufgebaut ist,

gibt es mehrere Möglichkeiten. Eine Möglichkeit ist das Verkleben des gesamten Aufbaus mit einer zweiten Glas- oder Metallplatte. Dabei haben sich Zwei-Komponenten- oder UV-härtende-Epoxykleber als besonders geeignet erwiesen.

Dabei kann die Elektrolumineszenzvorrichtung vollständig oder aber auch nur am Rand verklebt werden. Wird das organische Display nur am Rand verklebt, kann man die Haltbarkeit zusätzlich verbessern, indem man einen sogenannten Getter

hinzufügt. Dieser Getter besteht aus einem sehr hygroskopischen Material, insbesondere Metalloxide wie z.B. BaO, CaO usw., welches eindringendes Wasser und Wasserdämpfe bindet. Eine zusätzliche Bindung von Sauerstoff

erreicht man mit Gettermaterialien wie z.B. Ca, Ba usw. Bei flexiblen Substraten ist besonders auf eine hohe Diffusionsbarriere gegenüber Wasser und Sauerstoff zu achten. Hier haben sich insbesondere Lamine aus alternierenden

dünnen Kunststoff- und anorganischen Schichten (z.B. SiO₂ oder SiN_x) bewährt.

Beispiele:

In diesem Beispiel werden die Ergebnisse zweier verschiedener OLEDs gegenübergestellt. Der grundlegende Aufbau, wie die verwendeten Materialien, Dotierungsgrad und ihre Schichtdicken, war für die beiden Beispielexperimente zur

besseren Haltbarkeit identisch. Es wurde ausschließlich das Wirtsmaterial in der Emitterschicht getauscht.

Das erste Beispiel beschreibt einen Vergleichsstandard nach dem Stand der Technik, bei dem die Emitterschicht aus dem Wirtsmaterial CBP und dem

Gastmaterial Ir(PPy)₃ besteht. Desweiteren wird eine OLED mit einer Emitterschicht bestehend aus dem Wirtsmaterial Bis(9,9'-spiro-bifluoren-2-yl)phenylphosphinoxid (Synthese s. Beispiel 1) und dem Gastmaterial Ir(PPy)₃ (synthetisiert nach WO 02/060910) beschrieben. Analog dem o. g. allgemeinen Verfahren, wurden OLEDs mit folgendem Aufbau erzeugt:

PEDOT 60 nm (aus Wasser aufgeschleudert; PEDOT bezogen von HC Starck; Poly-[3,4-ethyldioxy-2,5-thiophen])

NaphDATA 20 nm (aufgedampft; NaphDATA bezogen von SynTec; 4,4''-Tris(N-1-naphthyl)N-phenyl-amino)-triphenylamin

S-TAD 20 nm (aufgedampft; S-TAD hergestellt nach WO99/12888; 2,2',7,7'-Tetrakis(diphenylamino)-spirobifluoren)

Emitter-Schicht:

CPB 20 nm (aufgedampft; CPB bezogen von ALDRICH und weiter gereinigt, schließlich noch zweimal sublimiert; 4,4'-Bis-(N-carbazolyl)biphenyl) (Vergleichsstandard)

ODER:

Bis(9,9'-spiro-bifluoren-2-yl)-phenylphosphinoxid

20 nm (aufgedampft, synthetisiert und gereinigt nach Beispiel 1) jeweils dotiert mit 15% Triplet-Emitter

(aufgedampft; synthetisiert nach WO 02/060910)

BCP 10 nm (aufgedampft; BCP bezogen von ABCR, verwendet wie erhalten; 2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin)

AlQ₃ 10 nm (aufgedampft; AlQ₃ bezogen von SynTec;

Tris(chinoxalinato)aluminium(III))

Ba-Al 3 nm Ba, darauf 150 nm Al als Kathode.

Diese nicht optimierten OLEDs wurden standardmäßig charakterisiert; hierfür wurden die Elektrolumineszenzspektren, die Effizienz (gemessen in cd/A) in Abhängigkeit von der Helligkeit, berechnet aus Strom-Spannungs-Helligkeit-Kennlinien (JUL-Kennlinien), und die Lebensdauer bestimmt.

Anwendungsbeispiel 1:

Elektrolumineszenzspektren:

Die OLEDs, sowohl der Vergleichsstandard, OLED mit CBP, als auch die OLED mit Bis(9,9'-spiro-bifluoren-2-yl)phenylphosphinoxid als Wirtsmaterial zeigen eine grüne Emission, resultierend aus dem Dotanden Ir(PPy)₃.

Effizienz als Funktion der Helligkeit:

Für OLEDs hergestellt mit dem Wirtsmaterial CBP erhält man – unter den oben beschriebenen Bedingungen – typischerweise eine Effizienz von etwa 20 bis 25 cd/A und für die Referenzleuchtdichte von 100 cd/m² werden 4,8 V benötigt. Im Gegensatz dazu zeigen OLEDs hergestellt mit dem Wirtsmaterial Bis(9,9'-spiro-bifluoren-2-yl)phenylphosphinoxid eine maximale Effizienz von über 40 cd/A, wobei die benötigte Spannung für die Referenzleuchtdichte von 100 cd/m² sogar auf 4,0 V gesenkt wird (s. Fig. 1).

Lebensdauervergleich:

Die beiden Lebensdauerkurven (s. Fig. 2) wurden zur besseren Vergleichbarkeit in derselben Abbildung dargestellt. Die Abbildung zeigt den Verlauf der Helligkeit, gemessen in cd/m², mit der Zeit. Als Lebensdauer bezeichnet man die Zeit, nach der 50% der Anfangsleuchtdichte erreicht werden.

Man erhält bei den gezeigten Helligkeiten für CBP als Wirtsmaterial eine

Lebensdauer von ca. 30 Stunden bei einer Anfangshelligkeit von 3500 cd/m², was einer beschleunigten Messung entspricht, da die Anfangshelligkeit deutlich über der Helligkeit liegt, die man für typische Aktivmatrix-angesteuerte Display-Anwendungen benötigt.

Für Bis(9,9'-spiro-bifluoren-2-yl)phenylphosphinoxid erhält man bei derselben Anfangshelligkeit eine Lebensdauer von ca. 400 Stunden, was einer Steigerung der Lebensdauer um einen Faktor von ca. 10 gegenüber den OLEDs mit CPB als Matrixmaterial entspricht.

Patentansprüche

C03014

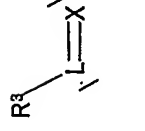
1. Mischungen enthaltend

- mindestens ein Matrixmaterial Verbindung A, welches mindestens eine Struktureinheit der Form L=X und / oder M=X enthält, wobei der Rest X mindestens ein nicht-bindendes Elektronenpaar aufweist, der Rest L für P, As, Sb oder Bi steht, der Rest M für S, Se, Te steht, und
- mindestens ein zur Emission befähigtes Emissionsmaterial B welche eine Verbindung ist die bei geeigneter Anregung Licht emittiert und mindestens ein Element der Ordnungszahl größer 20 enthält.

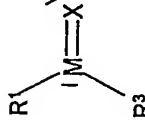
2. Mischung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Matrixmaterial A glasartige Schichten bilden kann.

3. Mischung gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Matrixmaterial A eine Glasktemperatur T_g (gemessen als Reinsubstanz) größer 70°C aufweist.

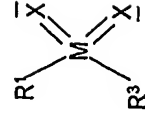
4. Mischung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Matrixmaterial A mindestens eine Verbindungen gemäß Formel (1) bis (4),



Formel (1)



Formel (3)



Formel (4)

wobei die Symbole und Indizes folgende Bedeutung haben:

X O, S, Se oder N-R³,

R¹, R² ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten H, F, Cl, Br, I, CN, NO₂, eine geradkettige oder verzweigte oder mono- oder polycyclische Alkyl-, Alkoxy-, Thioalkoxygruppe mit 1 bis 40 C-Atomen wobei ein oder mehrere nicht benachbarte CH₂-Gruppen durch -HC=CH-, -C≡C-, Si(R⁴)₂, Ge(R⁵)₂, Sn(R⁶)₂, NR⁷, C=O, C=S, C=Se, C=NR⁸, -O-, -S-, -NR⁹-, oder -CONR¹⁰- ersetzt sein können und wobei ein oder mehrere H-Atome durch F, Cl, Br, I, CN, NO₂ ersetzt sein können, oder eine Aryl- oder Heteroarylgruppe mit 1 bis 40 C-Atomen, wobei ein oder mehrere H-Atome durch F, Cl, Br, I, CN, NO₂ ersetzt sein können und

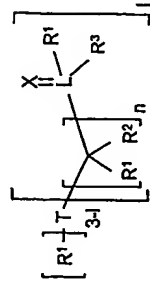
die durch einen oder mehrere, nicht aromatisches R^1 substituiert sein kann, wobei mehrere Substituenten R^1 miteinander ein weiteres mono- oder polycyclisches, aliphatisches oder aromatisches Ringsystem bilden können, oder eine Aminogruppe der Form $N(R^3)_2$ ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten eine geradkettige oder verzweigte oder mono- oder polycyclische Alkyl-, Alkoxy-, oder Thioalkoxygruppe mit 1 bis 40 C-Atomen, wobei R^3 zusammen mit R^1 und/oder R^2 auch ein bi- oder polycyclisches Ringsystem aufspannen kann, und wobei ein oder mehrere nicht benachbarte CH_2 -Gruppen durch $-CH=CH-$, $-C\equiv C-$, $Si(R^4)_2$, $Ge(R^5)_2$, $Sn(R^6)_2$, NR^7 , $C=O$, $C=S$, $C=Se$, $C=NR^8$, $-O-$, $-S-$, $-NR^9$, oder $-CONR^{10}$ - ersetzt sein können und wobei ein oder mehrere H-Atome durch F, Cl, Br, I CN, NO_2 ersetzt sein können, oder eine Aryl- oder Heteroarylgruppe mit 1 bis 40 C-Atomen, wobei ein oder mehrere H-Atome durch F, Cl, Br, I, CN, NO_2 ersetzt sein können und die durch einen oder mehrere, nicht aromatische Reste R^1 substituiert sein kann, wobei mehrere Substituenten R^1 miteinander ein weiteres mono- oder polycyclisches, aliphatisches oder aromatisches Ringsystem bilden können, und wobei R^3 mit R^1 und/oder R^2 ein mono- oder polycyclisches, aliphatisches oder aromatisches Ringsystem bilden kann;

 R^3

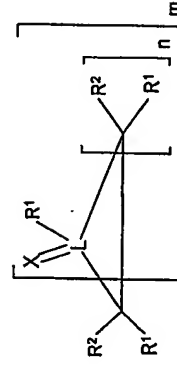
R^4 , R^5 , R^6 , R^7 , R^8 , R^9 , R^{10} sind gleich oder verschieden bei jedem Auftreten, H oder ein aliphatischer oder aromatischer Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 20 C-Atomen;

und L und M die in Anspruch 1 angegebene Bedeutung haben.

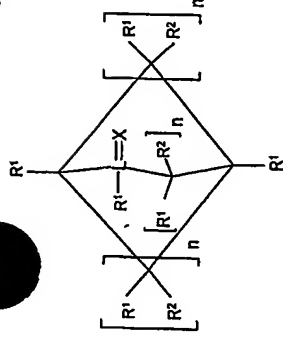
5. Mischung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Matrixmaterial A mindestens eine Verbindung gemäß Formel (5) bis (37).



Formel (5)

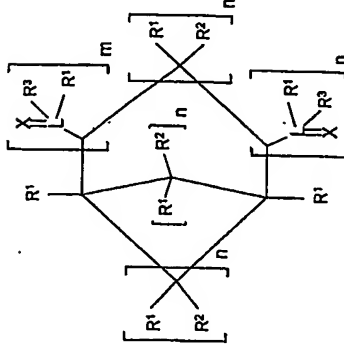


Formel (6)



Formel (7)

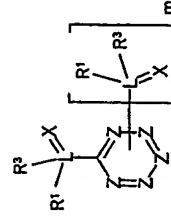
Formel (8)



Formel (9)

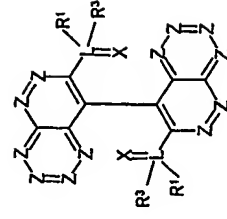
Formel (10)

Formel (11)



Formel (12)

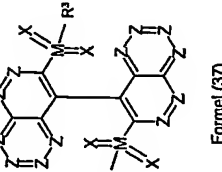
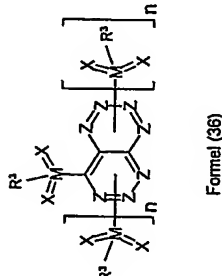
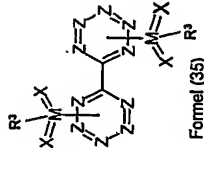
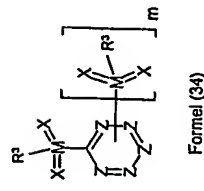
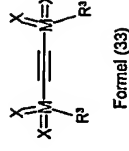
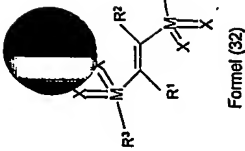
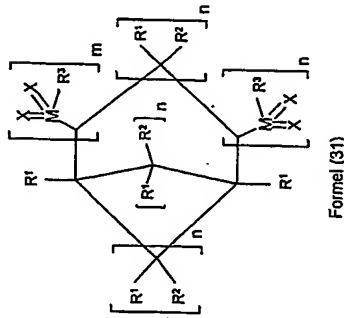
Formel (13)



Formel (14)

Formel (15)

35



5

wobei die Symbole und Indizes folgende Bedeutung haben:

l ist 1, 2 oder 3;

m ist 1, 2, 3, 4, 5 oder 6;

n ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten 0, 1, 2, 3, 4, 5 oder 6;

T B, Al, CR¹, N, P=O, As=O, Sb=O, Bi=O;

Z ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten CR¹ oder N;

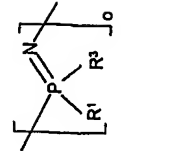
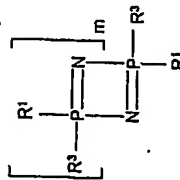
und wobei die Symbole L, M, X, R¹, R², R³, R⁴, R⁵, R⁶, R⁷, R⁸, R⁹ und R¹⁰ die in den Ansprüchen 1 und 4 genannte Bedeutung haben.

10

6. Mischung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, enthaltend als Matrixmaterial A, mindestens eine Verbindung gemäß Formel (38) und (39) enthalten,

15

36



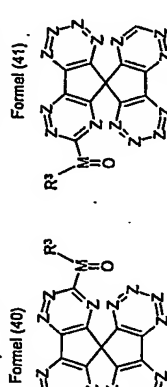
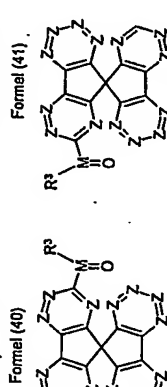
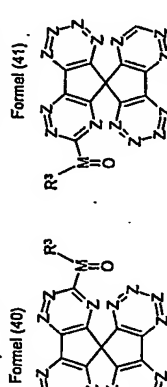
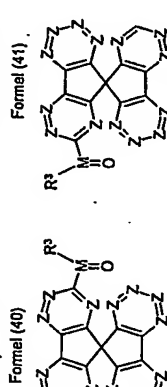
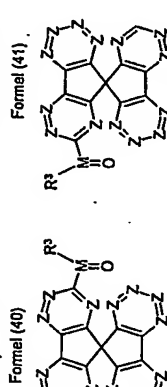
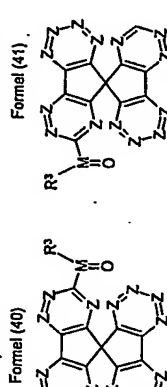
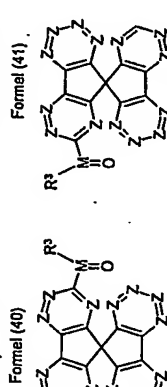
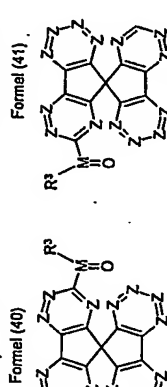
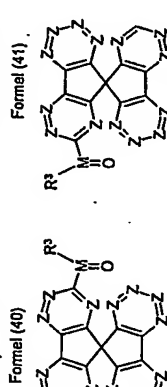
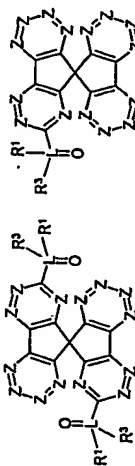
wobei:

o eine Zahl von 5 bis 50000000 ist;

und wobei die Symbole m, R¹, R³, R⁴, R⁵, R⁶, R⁷, R⁸, R⁹ und R¹⁰ die in den Ansprüchen 4 und 5 genannte Bedeutung haben.

5

7. Mischung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, enthaltend als Matrixmaterial A, mindestens eine Verbindung gemäß Formel (40) bis (49),



10

wobei die Symbole L, M, R¹, R³ und Z die in den Ansprüchen 1, 4 und 5 genannte Bedeutung haben.

8. Mischung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, enthaltend als Matrixmaterial A mindestens eine Verbindung der Formel (1) bis (49) definiert in den Ansprüchen 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß

L für P steht;

M für S steht;

15

- X für O steht;
 T für B, CR¹, P=O steht;
 Z ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten CR¹ oder N;
 R¹, R², R³ gleich oder verschieden bei jedem Auftreten CH₃, CF₃, –
 HC=CH- oder eine Aryl- oder Heteroarylgruppe mit 1 bis 40 C-Atomen,
 wobei ein oder mehrere H-Atome durch F, Cl, Br, I ersetzt sein können
 und die durch einen oder mehrere, nicht aromatische Reste R¹
 substituiert sein kann, wobei mehrere Substituenten R¹ miteinander ein
 weiteres mono- oder polycyclisches, aliphatisches oder aromatisches
 Ringsystem bilden können, und wobei R³ mit R¹ und / oder R² ein mono-
 oder polycyclisches, aliphatisches oder aromatisches Ringsystem bilden
 kann;
 m ist 1, 2 oder 3;
 n ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten 0, 1, 2 oder 3;
 und wobei die Symbole I, o, R⁴, R⁵, R⁶, R⁷, R⁸, R⁹ und R¹⁰ die in den
 Ansprüchen 4, 5 und 6 genannte Bedeutung haben.

5

10

15

9. Mischung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, enthaltend als
 Emittier B, mindestens eine Verbindung, dadurch gekennzeichnet, daß sie bei
 geeigneter Anregung Licht emittiert und welche mindestens ein Atom der
 Ordnungszahl größer 38 und kleiner 84 enthält.

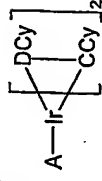
20

10. Mischung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, enthaltend als
 Emittier B, mindestens eine Verbindung, dadurch gekennzeichnet, daß das
 Element der Ordnungszahl größer 56 und kleiner 80 Molybdän, Wolfram,
 Rhenium, Ruthenium, Osmium, Rhodium, Iridium, Palladium, Platin, Silber,
 Gold oder Europium ist.

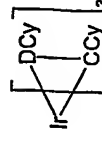
25

11. Mischung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, enthaltend als
 Emittier B, mindestens eine Verbindung der Formel (50) bis (53),

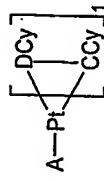
30



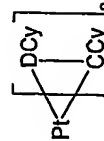
Formel (50)



Formel (51)



Formel (52)



Formel (53)

- DCy eine zyklische Gruppe ist, die mindestens ein Donoratom, bevorzugt Stickstoff oder Phosphor, enthält, über welches die zyklische Gruppe an das Metall gebunden ist, und die wiederum ein oder mehrere Substituenten R⁸ tragen kann. Die Gruppen DCy und CCy sind über eine kovalente Bindung mit einander verbunden;
 CCy eine zyklische Gruppe ist, die ein Kohlenstoffatom enthält, über welches die zyklischen Gruppe an das Metall gebunden ist und die wiederum ein oder mehrere Substituenten R⁸ tragen kann;
 R⁸ gleich oder verschieden und bei jedem Auftreten H, F, Cl, Br, I, NO₂, CN, eine geradkettige oder verzweigte oder cyclische Alkyl- oder Alkoxygruppe mit 1 bis 40 C-Atomen, wobei ein oder mehrere nicht benachbarte CH₂-Gruppen durch C=O, C=S, C=Se, C=NR⁴, -O-, -S-, -NR⁵, oder -CONR⁶ - ersetzt sein können und wobei ein oder mehrere H-Atome durch F ersetzt sein können, oder eine Aryl- oder Heteroarylgruppe mit 4 bis 14 C-Atomen, die durch einen oder mehrere, nicht aromatische Reste R⁸ substituiert sein kann; wobei mehrere Substituenten R⁸, sowohl am selben Ring als auch an den beiden unterschiedlichen Ringen zusammen wiederum ein weiteres mono- oder polycyclisches Ringsystem aufspannen können; ist, ein zweizählig, chelatisierender Ligand, bevorzugt ein Di-ketonat-ligand,
 L R⁴, R⁵, R⁶ gleich oder verschieden ist und bei jedem Auftreten, H oder ein aliphatischer oder aromatischer Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 20 C-Atomen ist.

DCy

CCy

R⁸

12. Mischung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, enthaltend ein oder mehrere Polymere oder Dendrimere als Matrixmaterial, dadurch

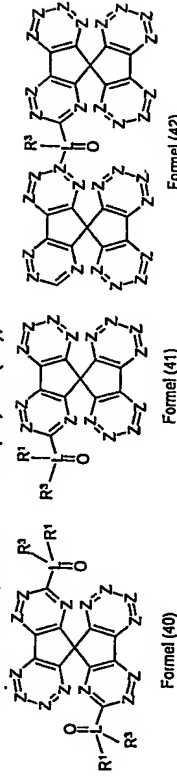
gekennzeichnet, daß das Matrixmaterial eine oder mehrere Struktureinheiten der Formel (1) bis (49) definiert in den Ansprüchen 4 bis 7 enthält.

13. Mischung gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Polymer konjugiert oder teilkonjugiert ist.

14. Mischung gemäß Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Polymer aus der Gruppe Polyfluorene, Poly-spirofluorene, Poly-para-phenylene, Poly-carbazole, Poly-vinylcarbazole, Polythiophene oder auch aus Copolymeren, die mehrere der hier genannten Einheiten aufweisen, ausgewählt ist.

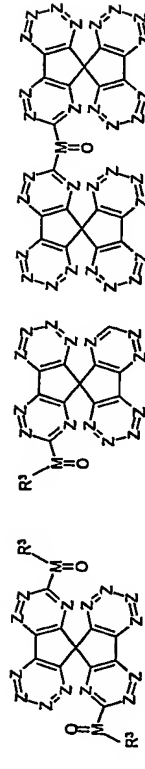
15. Mischungen enthaltend mindestens ein Matrixmaterialien A, gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, und einem oder mehreren Polymeren und / oder Dendrimern, gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 12 bis 14.

16. Verbindungen gemäß Formel (40) bis (49),



Formel (41)

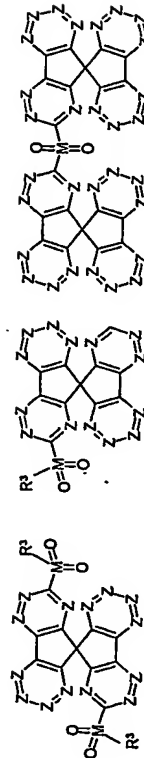
Formel (42)



Formel (43)

Formel (44)

Formel (45)



Formel (46)

Formel (48)

Formel (49)

wobei die Symbole L, M, R¹, R³ und Z die in den Ansprüchen 1, 4 und 5 genannte Bedeutung haben.

17. Elektronisches Bauteil enthaltend mindestens eine Mischung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15 und/oder eine Verbindung gemäß Anspruch 16.

18. Elektronisches Bauteil gemäß Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß es sich um eine Organische Leuchtdiode (OLED), eine Organische Integrierte Schaltung (O-IC), einen Organischen Feld-Effekt-Transistor (OFET), einen Organischen Dünnschichttransistor (OTFT), eine Organische Solarzelle (O-SC) oder eine Organische Laserdiode (O-Laser), bevorzugt um eine Organische Leuchtdiode (OLED) oder eine Organische Solarzelle (O-SC), handelt.

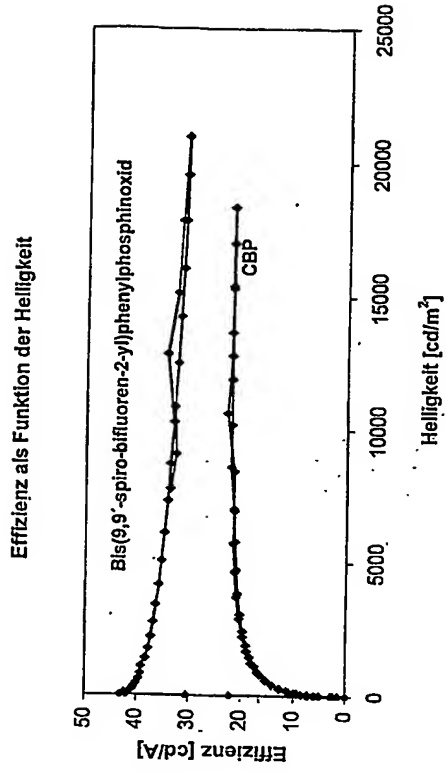
Mischungen von organischen zur Emission befähigten Halbleitern und Matrixmaterialien, deren Verwendung und Elektronikbauteile enthaltend dieses

5

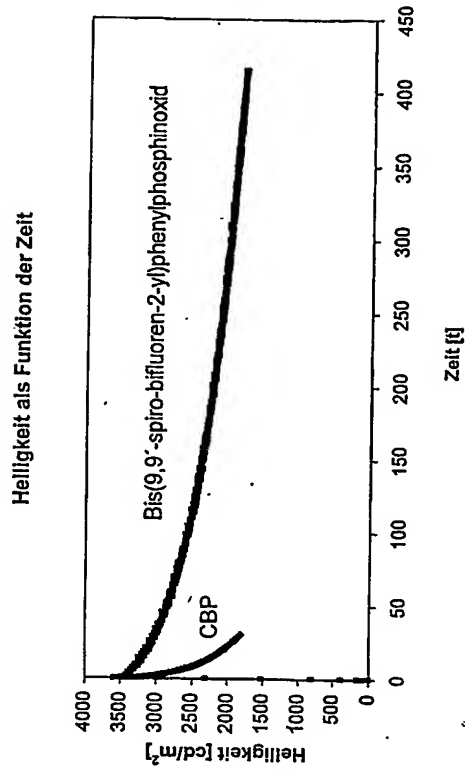
Die vorliegende Erfindung beschreibt neuartige Materialmischungen aus mindestens zwei Substanzen, wobei die eine als Matrixmaterial dient und die andere ein zur Emission befähigtes Emissionsmaterial ist und welches mindestens ein Element der Ordnungszahl größer 20 enthält und deren Verwendung in organischen elektronischen Bauteilen wie Elektrolumineszenz-elementen und Displays.

10

Figur 1:



Figur 2:



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.